

Verfahren zur Behandlung von Substratoberflächen

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Behandlung bzw.
5 Bearbeitung von Substratoberflächen. Insbesondere betrifft die Erfindung Verfahren zur Modifikation der Oberfläche von Siliziumscheiben.

Bei der Herstellung von Siliziumscheiben, Siliziumplatten oder
10 Wafern für die Halbleiter- und Solarzellenindustrie werden die Wafer einer Reihe von mechanischen und/oder chemischen Behandlungsschritten unterzogen, damit sie die gewünschten Größen und Produkteigenschaften erhalten. Im folgenden werden die nach dem Stand der Technik üblichen Prozessschritte zur
15 Herstellung von Solarzellen beschrieben.

Zuerst wird ein Siliziumblock mit einer Drahtsäge in Scheiben geschnitten, auch Wafer genannt. Nach dem Zuschneiden werden die Wafer zum Entfernen von einer so genannten Sägeslurry gereinigt.
20 Danach erfolgt zumeist ein nasschemisches Sägeschadenätzen unter Verwendung geeigneter Chemikalien wie insbesondere Laugen, um die durch den Schneideprozess bedingte defektreiche Schicht zu entfernen. Anschließend werden die Wafer gewaschen und getrocknet.

25 Bei den Wafern bzw. Substraten handelt es sich in der Regel um mit Bor p-dotierte mono- oder polykristalline Siliziumscheiben. Zur Herstellung eines für die Funktion der Solarzelle notwendigen p-n Übergangs, wird eine Seite der Siliziumscheiben
30 n-dotiert. Diese n-Dotierung wird üblicherweise mittels Phosphordotierung ausgeführt. Hierbei wird die Substrat- bzw. Siliziumoberfläche durch Einlagerung von Phosphoratomen modifiziert, wobei als Phosphorquelle in der Regel ein Gas oder eine flüssig-pastöse Zusammensetzung eingesetzt wird. Nach
35 entsprechender Inkubation bzw. Beschichtung der Siliziumscheiben

in dem Gas bzw. mit der Zusammensetzung erfolgt die Diffusion bzw. An- oder Einlagerung der Phosphoratome in die Siliziumoberfläche durch Erhitzen auf gewöhnlich 800 bis 1000°C. Nach dieser Phosphordotierung weist die Siliziumplatte eine bis
5 wenige µm dicke, mit Phosphor n+-dotierte Schicht auf.

Ein Problem bei dieser Oberflächenmodifikation besteht darin, dass zumeist nicht nur die gewünschte Oberfläche (Oberseite) sondern auch die gegenüberliegende Oberfläche (Unterseite) sowie
10 insbesondere die umlaufenden Kanten der Substratscheiben durch die Behandlung modifiziert bzw. dotiert werden, woraus in der späteren Anwendung die Gefahr von Kurzschlüssen resultiert, da die Kanten elektrisch leitfähig sind. Eine zusätzliche Dotierung der Unterseite, wie sie z.B. durch Gasphasendotierung erfolgt,
15 ist jedoch in vielen Anwendungsgebieten hinnehmbar, da die n+ Dotierung der Unter- bzw. Rückseiten der Platten anschließend zumeist durch Bildung eines „Aluminium Back Surface Field“ in eine p+ Dotierung überführt wird, die z.B. für die spätere Kontaktierung einer Solarzelle notwendig ist. Derart behandelte
20 Wafer besitzen jedoch immer Kanten, die Phosphoratome aufweisen und somit elektrisch leitfähig sind, was ohne weitere Behandlung zu Siliziumscheiben mit dem oben erwähnten Nachteil eines Risikos zur Entstehung von Kurzschlüssen in der späteren Anwendung führt.

Um dieses Problem zu beseitigen, sind im Stand der Technik unterschiedliche Verfahren entwickelt worden. Beispielsweise wird das Problem der elektrisch leitfähigen Kanten gelöst, indem diese mechanisch abgeschliffen werden. Durch das Schleifen
30 können jedoch wie beim Sägen Defekte in der Kristallstruktur entstehen, welche zu elektrischen Verlusten führen. Der größte Nachteil dieser Vorgehensweise besteht aber in der erheblichen Bruchgefahr für die empfindlichen Scheiben.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, die auf der Unter- bzw. Rückseite vorhandene leitfähige Schicht im äußeren Bereich bzw. am Rand durch Einwirkung eines Laserstrahles zu unterbrechen. Diese Kantenisolierung mittels Laser ist jedoch noch nicht
5 etabliert und wirft insbesondere bei der Automatisierung des Prozesses sowie hinsichtlich des erreichbaren Durchsatzes Probleme auf. Weiterhin besteht die Gefahr, dass nachfolgende Verfahrensschritte sowie der Wirkungsgrad z.B. einer entsprechend hergestellten Zelle beeinträchtigt werden können
10 durch Ablagerung von beim Lasern entstehenden Verbrennungsprodukten auf der Waferoberfläche.

Schließlich wird vorgeschlagen, mehrere Platten zu stapeln und die Kanten des Plattenstapels mittels Plasma zu ätzen. Das
15 Kantenisolieren mittels Plasma erfordert, dass die Wafer aufeinander gestapelt werden. Sowohl die Stapelung als auch die Handhabung der Stapel erfolgen entweder manuell oder aber mit sehr hohem apparativen Aufwand automatisiert. Die Prozessierung in Stapeln verursacht daher immer eine Unterbrechung oder
20 Umstellung des Produktionsflusses, und zwar sowohl im Rahmen einer Fertigung nach dem „Batch“-Prinzip, bei dem die Wafer in Prozesscarriern transportiert werden, als auch bei einer „Inline“-Fertigung, bei der die Wafer auf Transportbändern oder Rollen etc. durch die unterschiedlichen Verfahrensschritte
25 geführt werden. Ferner sind die Wafer aufgrund der aufwendigen Handhabung wieder einer erhöhten Bruchgefahr ausgesetzt.

Ein anderes Verfahren, bei dem nur die Kanten behandelt werden, wird in der DE 100 32 279 A1 vorgeschlagen. Die DE 100 32 279 A1
30 beschreibt ein Verfahren zur chemischen Passivierung von Randdefekten bei Silizium-Solarzellen durch ein Herausätzen der Randdefekte. Hierzu wird auf die Kanten der Silizium-Solarzellen unter Verwendung eines mit Ätzmittel getränkten Filztuchs ein Ätzmittel aufgetragen.

WO 2005/093788

PCT/DE2004/000597

4

Weitere aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren lösen das Problem der elektrisch leitfähigen Kanten durch ein Entfernen der leitfähigen Schicht auf den Kanten und einer Seite der Substrate mittels Ätzen in einem Säurebad. Beispielsweise
5 beschreiben DE 43 24 647 A1 und US 2001/0029978 A1 ein mehrstufiges Ätzverfahren, bei dem ein Substrat vollständig in ein Säurebad eingetaucht wird. Damit hierbei jeweils nur ein Ätzen auf der Rückseite und den Kanten des Substrats erfolgt, muss die Vorderseite des Substrats durch einen säurebeständigen
10 Fotoresist oder eine Maske geschützt werden.

Insbesondere ist das Ätzverfahren gemäß der DE 43 24 647 A1 und der US 2001/0029978 A1 nicht nur zeitaufwendig, da spezielle Arbeitsschritte zum Aufbringen und Entfernen von Schutzschichten
15 erforderlich sind, sondern erfordert auch den Einsatz zusätzlicher Materialien. Insbesondere besteht durch das Aufbringen und Ablösen von Schutzschichten das Risiko der Beeinträchtigung der zu behandelnden Substrate. Falls eine aufgebrauchte Schutzschicht fehlerhaft oder beschädigt ist,
20 besteht das Risiko, dass die Vorderseiten der Substrate beim Ätzen beschädigt und die Substrate somit unbrauchbar werden.

Sämtliche dieser im Stand der Technik beschriebenen Verfahren dienen somit dazu, die beiden Oberflächen (Ober- und Unterseite)
25 hinsichtlich ihrer elektrischen Leitfähigkeit zu entkoppeln, wobei sie jedoch die z.T. gravierenden Probleme der zuvor dargelegten Art aufweisen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, ein
30 Verfahren zur einseitigen Behandlung von Siliziumscheiben bereitzustellen, bei dem auf die Verfahrensschritte des Standes der Technik im Zusammenhang mit dem Schützen bzw. Maskieren der nicht zu behandelnden Vorder- oder Oberseiten verzichtet werden

WO 2005/093788

PCT/DE2004/000597

5

kann und wobei das Verfahren vorzugsweise in einer Fertigungs-
strasse durchgeführt werden kann.

Erfindungsgemäß hat sich gezeigt, dass nur eine der beiden
5 Oberflächen eines Substrats selektiv behandelt werden kann. Eine
derartige einseitige Behandlung umfasst beispielsweise ein
Ätzen, Beschichten oder Reinigen einer der beiden Oberflächen.
Gemäß einer Ausführungsform kann z.B. nur die Ober- bzw.
Unterseite eines entsprechenden Substrates wie einer
10 Siliziumscheibe durch Ätzen modifiziert werden, wodurch das
Problem der Kurzschlussbildung auf einfache Weise beseitigt
wird. Zum besseren Verständnis wird im Folgenden Bezug auf ein
Ätzen einer Oberfläche als Beispiel für eine einseitige
Behandlung eines Substrats genommen.

15 Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird das
erfindungsgemäße Verfahren im Rahmen einer kontinuierlichen
Prozessierung durchgeführt, wobei Unterseiten der Substrate wie
insbesondere Siliziumscheiben (gewünschtentalls einschließlich
20 der umlaufenden Kanten) mit einer in einem Flüssigkeitsbad
befindlichen Ätzflüssigkeit benetzt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Verfahren
insbesondere dann geeignet ist, wenn nur eine einseitige
25 Behandlung eines Substrats gewünscht bzw. erforderlich ist.
Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sieht das erfindungs-
gemäße Verfahren vor, dass das Substrat, vorzugsweise in Form
einer Siliziumscheibe, nach der Phosphordotierung einer
einseitigen Ätzung zur Entfernung der mit Phosphor dotierten
30 Schicht zugeführt wird. Dies geschieht dadurch, dass nur eine
Seite der Siliziumscheibe vollständig oder teilweise bzw.
partiell mit einer flüssigen Zusammensetzung, die vorzugsweise
NaOH, KOH, HF, HNO₃, HF mit O₃, und/oder HF mit Oxidationsmittel
wie z.B. oxidierender Säure enthält, in Kontakt gebracht wird.

WO 2005/093788

PCT/DE2004/000597

6

Dazu wird die Siliziumscheibe im wesentlichen horizontal ausgerichtet, und die zu ätzende Seite wird mit einer Ätzflüssigkeit benetzt, die sich in einem Flüssigkeitsbad befindet. Dabei wird der Abstand der Ätzflüssigkeit zur

5 Unterseite der Siliziumscheibe so gewählt, dass die zu ätzende Seite des Substrates (gewünschtenfalls einschließlich der umlaufenden Kanten) benetzt wird, nicht aber die gegenüber liegende Seite.

- 10 Es wird darauf hingewiesen, dass dieser Ätzschritt vorzugsweise direkt nach der Phosphordotierung vorgenommen wird, da das Phosphorglasätzen zumeist nasschemisch erfolgt und die erfindungsgemäße Kantenisolation dann platzsparend und kostengünstig in der gleichen Anlage durchgeführt werden kann.
- 15 Für den Fachmann ist jedoch klar, dass der erfindungsgemäße Schritt auch zu einem anderen Zeitpunkt durchgeführt werden kann. Wichtig ist allein, dass die erfindungsgemäße Ätzung vor dem Aufbringen der metallischen Kontakte auf die Rück- bzw. Unterseite eines gegebenen Substrats erfolgt.

20

Nach einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können sowohl eine Substratseite als auch die umlaufenden Kanten der Substrate in der vorliegend geschilderten Weise behandelt werden.

25

- Nach einer Ausführungsform werden die Substrate in ein Flüssigkeitsbad mit einer flüssigen Zusammensetzung abgesenkt, wobei das Maß des Absenkens vom Fachmann in Abhängigkeit der Dicke, des Gewichts und der Oberflächeneigenschaften des
- 30 Substrats sowie der Oberflächenspannung der flüssigen Zusammensetzung leicht eingestellt werden kann. Durch exaktes Einstellen, z.B. des Füllstandes im Behandlungsbad, ist es zudem möglich, dass nicht nur die Unterseite, sondern auch die Kanten behandelt werden, was erfindungsgemäß besonders bevorzugt ist.

Für den Fachmann ist klar, dass die erfindungsgemäße Behandlung nicht nur durch Absenken in ein Flüssigkeitsbad, sondern auch anders erfolgen kann, solange gewährleistet ist, dass tatsächlich nur eine Seite, gewünschtenfalls auch die Kanten, von dem Ätzmittel benetzt und damit modifiziert wird. Beispielsweise können gemäß einer weiteren Ausführungsform zwei unterschiedlich große Behälter vorgesehen werden, wobei der kleinere Behälter die flüssige Zusammensetzung enthält und von dem größeren Behälter umschlossen wird. Der kleinere Behälter ist randvoll mit der Flüssigkeit befüllt und erhält seine Speisung durch eine Verbindung zum größeren Behälter. Diese Flüssigkeitszufuhr kann z.B. kontinuierlich mittels Pumpe erfolgen und so eingestellt werden, dass stets eine gewisse Menge der Ätzflüssigkeit in das Außenbecken (der größere Behälter) überläuft, wobei die Flüssigkeit von dort vorzugsweise wieder in das innere Becken (den kleineren Behälter) zurückgepumpt wird. Das Pumpen der flüssigen Zusammensetzung bewirkt, dass sich der Flüssigkeitsstand immer etwas höher als der umlaufende Rand des kleineren Behälters befindet, wobei die Differenz zwischen dem Pegelstand der Flüssigkeit und der Höhe des Behälterrandes u.a. von der Oberflächenspannung des gegebenen Ätzmediums abhängt. Unter Verwendung dieser Anordnung können die zu behandelnden Scheiben im Rahmen einer Fertigungsstraße leicht horizontal über die Flüssigkeit befördert werden, so dass die Unterseite der Scheiben benetzt wird, ohne dass die Scheiben an den seitlichen Wänden des kleineren Innenbehälters anstoßen und beschädigt werden können.

Alternativ können auch Tauchverfahren angewendet werden. Dabei wird die Flüssigkeitshöhe im Bad so niedrig eingestellt, dass die Unterseite der Scheiben, gewünschtenfalls einschließlich der Kanten, nur dann benetzt wird, wenn sie sich am niedrigsten Punkt der Tauchkurve befindet.

Es wird darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäß vorgeschlagene einseitige Benetzen bzw. Behandeln eines Substrats in den vorliegend beschriebenen Ausführungsformen auf unterschiedliche Art und Weise erzielt bzw. unterstützt werden
5 kann, wobei grundsätzlich zwischen aktiver (direkter) und passiver (indirekter) Benetzung unterschieden wird.

Unter aktiver bzw. direkter Benetzung wird erfindungsgemäß verstanden, dass die gewünschte einseitige Behandlung des
10 Substrats direkt durch die Führung desselben durch die Behandlungsflüssigkeit sichergestellt wird. Dies erfordert erfindungsgemäß, dass sich das Niveau der zu behandelnden Substratunterseite zumindest kurzzeitig unterhalb des maximalen Pegelstandes der Behandlungsflüssigkeit befindet. Im Rahmen der
15 aktiven Benetzung kann z.B. das Substrat in die Flüssigkeit abgesenkt oder der Pegelstand der Flüssigkeit im Becken vollständig oder partiell angehoben werden, wobei erfindungsgemäß auch eine Kombination aus Absenken des Substrats und Anheben des Pegelstandes der Flüssigkeit umfasst ist.

20 Zum Beispiel kann die Oberfläche des Bades an der Stelle, an welcher die Substrate in das Bad eingeführt werden, durch einen entsprechend angeordneten und gerichteten Flüssigkeitszulauf unterhalb der Oberfläche lokal angehoben werden. Ferner kann die
25 Badoberfläche durch Einblasen von Gasblasen unterhalb des Substrates, z. B. mit Druckluft, partiell angehoben werden, wodurch die Benetzung der Substratunterseite ebenfalls sichergestellt werden kann.

30 Demgegenüber wird unter passiver bzw. indirekter Benetzung erfindungsgemäß verstanden, dass sich die zu behandelnde Unterseite des Substrats über die gesamte Behandlungsdauer oberhalb des Pegelstandes der Flüssigkeit befindet, so dass eine Benetzung lediglich indirekt durch Bauteile oder Komponenten des

Systems erfolgt, die ihrerseits mit der Flüssigkeit in Kontakt stehen und die Benetzung der Substratunterseiten vermitteln. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die zu behandelnde Substratseite durch Kontakt mit dem vermittelnden Bauteil entweder vollständig (vollflächig) oder aber auch nur partiell benetzt zu werden braucht, denn durch die hygroskopischen Eigenschaften der Oberfläche von Siliziumscheiben wird sichergestellt, dass auch eine teilweise Benetzung der Unterseite durch ein Bauteil innerhalb kürzester Zeit zu einer vollflächigen Benetzung führt.

Hinsichtlich der Komponenten und Bauteile, die für die indirekte Benetzung vorgesehen werden können, wird darauf hingewiesen, dass diese entweder Bestandteil der vorliegend dargelegten Transportsysteme oder aber im Flüssigkeitsbad derart angeordnet sind, dass sie zumindest teilweise aus der Flüssigkeit herausragen oder herausgefahren werden können. Demnach kommen erfindungsgemäß gleichermaßen feststehende, rotierende oder in der Höhe verfahrbare Bauteile in Betracht. Vorzugsweise wird durch die Oberflächeneigenschaft und/oder durch die Formgebung (z. B. durch Ausnutzung eines Kapillareffekts) des Bauteils sichergestellt, dass dessen für den Kontakt mit der Substratunterseite vorgesehene Bereich benetzt ist und die Benetzung der zu behandelnden Oberfläche bewirkt, ohne dass das Substrat selbst mit dem Flüssigkeitsbad in Berührung kommt. Beispielsweise handelt es sich bei dem Bauteil um eine Benetzungswalze, die sich in der Flüssigkeit des Bades dreht und durch die Drehbewegung Ätzflüssigkeit aufnimmt, mit der dann die sich oberhalb des Pegelstandes befindenden Substratunterseiten benetzt werden. Wie bereits ausgeführt, können erfindungsgemäß aber auch anders gestaltete Bauteile wie (in der Höhe verfahrbare) Tische, Stifte oder Stempel eingesetzt werden, da überraschenderweise sogar eine punktförmige Kontaktierung der

Substratunterseite ausreicht, um eine vollflächige Benetzung zu gewährleisten.

Die Verwendung eines Transportsystems zur Führung der zu
5 behandelnden Substrate im Rahmen des erfindungsgemäßen
Verfahrens ermöglicht grundsätzlich sowohl die aktive als auch
die passive Benetzung. Im Falle der aktiven Benetzung wird das
zu behandelnde Substrat durch die Flüssigkeit geführt, während
die passive Benetzung durch entsprechend ausgestaltete
10 Komponenten des Transportsystems erfolgt.

Die erfindungsgemäße Eignung beispielhafter Transportsysteme
wird nachfolgend unter ergänzender Bezugnahme auf Figur 1 näher
erläutert.

15 Nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die
Substrate auf ein Transportsystem, wie z.B. ein
Rollentransportsystem gelegt. Hierbei werden die Substrate mit
Hilfe von mehreren hintereinander angeordneten und waagrecht
20 ausgerichteten Transportrollen (1) transportiert. Im Sinne der
oben definierten aktiven Benetzung sind die einzelnen
Transportrollen in einem Flüssigkeitsbad vorzugsweise derart
angeordnet, dass sich die jeweils obere Kante der Rollen
ungefähr auf der Höhe der Badoberfläche, d.h. des oberen
25 Flüssigkeitsrandes der Flüssigkeit, befindet, so dass die
Unterseite des Substrats durch direkten Kontakt mit der
Badoberfläche benetzt wird. Hierbei kann sich ein Meniskus an
den Substratkanten bilden. Ein Zusammenspiel aus Schwerkraft und
Oberflächenspannung zieht dann das Substrat nach unten und sorgt
30 dafür, dass es in Kontakt mit den Rollen bleibt, ohne
aufzuschwimmen. Dadurch ist ein kontrollierter und definierter
Transport der Substrate mit dem Rollentransportsystem möglich.

Wesentlich ist hierbei, dass die Höhe des Flüssigkeitsbades im Bezug auf das Transportsystem so genau eingestellt werden kann, dass eine Benetzung der Unterseite und eventuell der Kanten der Substrate möglich ist, ohne dass die jeweiligen Oberseiten
 5 benetzt werden. Auch muss die Gestaltung des Transportsystems den Kontakt zwischen den Substraten und der Flüssigkeit im Flüssigkeitsbad ermöglichen.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform befinden sich
 10 auf der Transportrolle (1) mindestens zwei Auflageelemente (3), die vorteilhafterweise auf der Transportrolle im Bereich zweier Nuten (2) angeordnet sein können. Der Abstand zwischen den Auflageelementen wird durch die Breite der zu behandelnden Substrate vorgegeben. Im Rahmen der aktiven Benetzung beziehen
 15 sich die obigen Ausführungen zur Positionierung der Transportrollen bei dieser Ausführungsform auf die Auflageelemente.

Im Sinne der oben definierten passiven Benetzung bewirken die
 20 Transportrollen selber oder aber die Auflageelemente die vollständige oder partielle Benetzung der Substratunterseiten.

Die Transportrolle ist vorzugsweise mindestens zweiteilig aufgebaut und besteht aus einem Achselement und mindestens einem
 25 das Achselement umgebenden Spurelement. Das Achselement kann entweder die Funktion eines reinen Stabilisators oder die einer stabilisierenden Lagerung besitzen. Bevorzugt handelt es sich um eine Lagerachse. Das Material der Achse, die weder mit dem Transportgut, noch mit einer unter Umständen aggressiven
 30 chemischen Umgebung in Berührung kommt, kann rein nach mechanischen und thermischen Gesichtspunkten gewählt werden. Erfindungsgemäß ist es biegesteif. Dem Spurelement hingegen sind durch die stabilisierende Lagerachse gewisse thermische Toleranzen erlaubt. Für das Material ist entscheidend, dass es

weder mit dem Stückgut, noch mit dem Umgebungsmedium reagiert. Die biegesteife Lagerachse gewährleistet, dass das Transportgut in der zur Transportrichtung senkrechten Richtung in einer festgewählten Geraden gehalten wird. Dadurch erfolgt ein
5 Gleichlauf der Transportrolle entlang ihrer gesamten Länge, was insbesondere bei breiteren Transportrollen mit mehreren Transportspuren und für flaches, bruchempfindliches Transportgut von Bedeutung ist.

10 In einer bevorzugten Ausführung ist das Achselement aus einem Kohlefaserverbundstoff gefertigt. Kohlefaserverbundstoffe besitzen eine hohe thermische und mechanische Stabilität und eignen sich deshalb besonders gut als Lagerachse im Einsatz bei wechselnden Temperaturen.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Lagerachse gegenüber dem Medium, durch welches das Transportgut behandelt wird, beispielsweise mittels Dichtringen, abgekapselt. Das Medium, bei dem es sich erfindungsgemäß um ein nasschemisches
20 Bad handelt, kommt dann lediglich mit dem Äußeren der Spurelemente in Berührung und das flüssige Medium kann nicht in das Innere der Spurelemente, an die Lagerachse oder an eventuell vorhandene Fixierelemente zwischen Lagerachse und Spurelementen gelangen. Die Dichtung kann flüssigkeitsfest oder sogar in
25 gewissem Grade gasfest ausgeführt sein, sodass auch keine schädlichen Dämpfe in das Innere der Spurelemente gelangen.

Die Spurelemente sind in beliebiger Länge zusammenfügbar, eine Transportrolle kann beispielsweise aus einer Achse mit beliebig
30 vielen Spurelementen bestehen. Ein Transportrollenhersteller oder -vertreiber kann auf die Anforderungen eines Kunden sehr flexibel eingehen, ohne eine komplizierte Lagerhaltung zu betreiben. Das Spurelement ist, da es für Transportrollen

WO 2005/093788

PCT/DE2004/000597

13

jeglicher Länge einsetzbar ist, ein Massenartikel, was den Herstellungspreis senkt.

Die Spurelemente können zum Beispiel zusammensteckbar,
5 aneinander schraubbar, mit einem Clip verbindbar oder
miteinander verschweißbar sein.

Die eigentliche Auflage des zu behandelnden Substrats findet in
einer bevorzugten Ausführungsform an Auflageelementen (3) mit
10 für das Werkstück passenden Haftreibungseigenschaften statt,
wobei die Auflageelemente wie erwähnt neben dem Transport auch
der passiven Benetzung dienen können. Diese Elemente sollten
ebenfalls thermisch und chemisch stabil sein. Für die Fertigung
von Solarzellen hat sich die Verwendung von O-Ringen aus
15 Fluorkautschuk bewährt. Da der Durchmesser, den die Auflage-
elemente aufspannen, größer ist als der Rest des Spurelements,
erfährt das Transportgut nur eine punktförmige Berührung und
ggf. Benetzung. Dies trägt im Gegensatz zu einer Linienberührung
zur Schonung des Transportguts bei und gewährleistet
20 gleichzeitig guten Kontakt mit dem umgebenden Medium.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung ist das Spurelement
aus Kunststoff gefertigt. Kunststoff lässt sich bekanntermaßen
leicht bearbeiten und bietet eine breite Palette von
25 unterschiedlichen Eigenschaften, die je nach Verwendung und
Einsatzort der Transportrolle ausgewählt werden. Beispielsweise
hat sich die Verwendung von Polyethylen, Polyfluoralkoxyd oder
Polyvinylidenfluorid bewährt. Diese Materialien sind bis über 80
Grad Celsius temperaturbeständig, schweißbar, haben eine
30 gewisse chemische Beständigkeit, verursachen keine
Metallkontamination und haben einen geringen Abrieb.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin,
dass Spurelemente antreibbar sind. Das heißt, es ist möglich,

WO 2005/093788

PCT/DE2004/000597

14

dass der Antrieb nicht auf die Lagerachse ausgeübt und von dieser an die Spurelemente weitergeleitet wird, sondern dass er direkt auf die Spurelemente wirkt. Transportrollen mit derartigen Spurelementen lassen sich zu besonders
5 gleichlaufenden Transportsystemen zusammenfügen. Auf das Transportgut wird eine optimale Traktion übertragen.

In einer Ausführung besitzt von einer zusammengefügten Reihe von Spurelementen ein erstes Randelement Mittel zur Übertragung der
10 Antriebskraft und ein zweites Randspurelement Mittel zur drehbaren Lagerung. Der Antrieb kann über ein auf einer Antriebswelle angebrachtes Koppellement, das mit dem ersten Randspurelement verbindbar ist, auf die Transportrolle übertragen werden. Das Koppellement besitzt außerdem eine
15 Aufnahmemöglichkeit für die Lagerachse. Soll eine Transportrolle aus einer Transportposition entfernt werden, so ist zunächst das zweite Randspurelement aus der Lagerung zu lösen, die gesamte Transportrolle um das Koppellement zu schwenken und anschließend die Transportrolle aus dem
20 Koppellement zu entfernen.

Die Mittel zur drehbaren Lagerung können aus einer oberen und unteren Halbschale bestehen, wobei die untere Halbschale an der Wand des Transportsystems fixiert ist und zur Auflage der
25 Transportrolle dient, und die zweite obere Halbschale lösbar zur Arretierung befestigt wird.

Vorteilhafterweise entspricht die Breite des Spurelementes mindestens der Breite des zu transportierenden Werkstücks,
30 sodass ein Werkstück breitseitig nur auf einem Spurelement liegt. Vorzugsweise nimmt jedes Spurelement nur ein Werkstück auf, das heißt, die Breiten von Spurelement und Transportgut sind nahezu gleich.

In einer vorteilhaften Ausführung der Transportrolle ist auf der Lagerachse ein Fixierring angebracht, wobei der Innendurchmesser eines Spurelementes mindestens an einer Stelle kleiner ist als der Durchmesser des Fixierrings. Der Fixierring verhindert
5 somit, dass ein Spurelement auf der Lagerachse größere Bewegungen ausführen kann. Dies spielt vor allem bei Temperaturänderungen eine Rolle, wenn sich das Material von Lagerachse und Spurelementen unterschiedlich ausdehnt und dadurch eine Bewegung relativ zueinander verursacht werden
10 könnte.

Der Fixierring ist bevorzugt aus Metall gefertigt, da sich Metall gut an die Achse biegen und dort festklemmen lässt.

15 Für den Einsatz bei unterschiedlichen Temperaturen sollen geringe Längenänderungen nicht die Stabilität der gesamten Transportrolle beeinträchtigen. Deshalb sind die Spurelemente in einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindung mit einer Kompensationsfalte versehen, an der thermische Ausdehnungen
20 ausgeglichen werden. Die Kompensationsfalte besteht in der Regel aus einer innenseitig hohlen Auswölbung im Material des Spurelements, welche die temperaturbedingte Materialausdehnung durch Streckung in Längsrichtung auffängt. Wenn die Kompensationfalte sich nicht zwischen den Auflagepunkten des
25 Transportguts befindet, so bleibt die Auflagestabilität auch bei temperaturbedingten Längenänderungen stabil. Wenn außerdem die Spurelemente jeweils an der Lagerachse fixiert sind, bleibt auch die Geradlinigkeit der Spur erhalten.

30 Die gleichmäßige Führung des Transportguts wird besonders gut gewährleistet, wenn erfindungsgemäße Transportrollen zu einem Transportsystem zusammengefügt werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung des Transportsystems wird jede Transportrolle angetrieben. Dabei erfährt jede Transportrolle die gleiche Kraftübertragung und wird somit auch gleich belastet.

5

Da die Transportführung durch das erfindungsgemäß vorgeschlagene Transportsystem einen hohen Durchsatz ermöglicht, gleichzeitig sehr schonend für das Transportgut ist, besteht eine besondere Eignung für den Einsatz im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10

Es wird darauf hingewiesen, dass alternative Ausführungen von Transportsystemen möglich sind, in denen keine Transportrollen verwendet werden. Beispielsweise können Substrate auch auf einem umlaufenden Band, einer Kette oder auch Schnüren transportiert werden. Eine weitere Transportmöglichkeit in einem Transportsystem bildet ein laufender Balken. Bei diesem System werden zwei oder mehrere Balken verwendet, welche die Substrate abwechselnd nach vorne transportieren. Während ein erster Balken sich nach vorne bewegt, bewegt sich ein zweiter Balken nach hinten. Hierbei liegt der zweite Balken tiefer im Flüssigkeitsbad und hat keinen unmittelbaren Kontakt mit dem Substrat. Ist der erste, bzw. obere Balken am Ende seines möglichen Transporthubs angelangt und der zweite, bzw. untere an dessen Anfang, wird der untere Balken angehoben, so dass die Substrate mit beiden Balken in Kontakt kommen. Der obere Balken wird dann abgesenkt und kann somit wieder zum Anfang des Flüssigkeitsbades fahren, während der untere Balken eine Vorwärtsbewegung ausführt.

20
25
30

Bei gebräuchlichen Ausführungen eines derartigen Balkentransportsystems sind die Balken auf drehenden Wellen mit einem Excenter gelagert, d. h. sie bewegen sich fortwährend hoch und runter. Um jedoch eine einseitige Behandlung von Substraten zu

gewährleisten, müssen die Substrate im Sinne der aktiven Benetzung immer auf der gleichen Höhe bleiben. Entsprechende Modifikationen eines gebräuchlichen Balkentransportsystems und dessen Verwendung im Sinne der oben definierten passiven Benetzung sind jedoch einem Fachmann in Kenntnis der vorliegenden Beschreibung unmittelbar ersichtlich.

Somit lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft in einer Durchlaufanlage durchführen, denn im Rahmen einer derartigen „Inline“-Produktion entfällt jeglicher zusätzlicher Handlungsschritt der Scheiben. Ferner kann die erfindungsgemäße Rückseite/Kantenisolierung zusammen mit dem Oxidätzen in der gleichen Anlage stattfinden, wodurch die Prozesskette einfacher und kostengünstiger wird. Weiterhin können unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch solche Zellenkonzepte realisiert werden, bei denen die Rückseite der Zelle kein vollflächiges „Aluminium Back Surface Field“ (AlBSF) aufweist. Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die o-dotierte Schicht auf der Rückseite der Zelle komplett entfernt wird, ist es nicht mehr zwingend notwendig, diese Dotierung durch die Bildung eines AlBSF zur Bildung einer p-dotierten Zone zu kompensieren. Dies lässt mehr Möglichkeiten zur Gestaltung der Rückseite der Zelle offen und vereinfacht die Realisierung von Zellkonzepten ohne AlBSF.

Je nach Verfahren (kontinuierlich oder diskontinuierlich) kann es sein, dass die flüssige Zusammensetzung Zusätze z.B. zur Vermeidung oder Verkleinerung von Gasblasen benötigt, wobei derartige Zusatzstoffe vom Fachmann unter Berücksichtigung der konkreten Erfordernisse leicht ausgewählt werden können. Bei der Auswahl geeigneter Zusätze, insbesondere im Durchlaufverfahren, ist zu beachten, dass die Wafer durch eine eventuelle Gasblasenbildung keinen zu großen Auftrieb bekommen, der den effektiven Transport beeinträchtigen könnte, da die Wafer

WO 2005/093788

PCT/DE2004/000597

18

dadurch den Kontakt zu einem entsprechenden Transportmittel verlieren können. Folglich wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform vorgeschlagen, dass die Ätzlösung mindestens einen Zusatzstoff enthält, der in der Lage ist, die bei der
5 chemischen Reaktion entstehenden Gase weitgehend zu binden, so dass die Bildung von Gasblasen auf der Unterseite der Scheiben weitgehend unterbunden wird.

Es wird darauf hingewiesen, dass das erfindungsgemäße Verfahren
10 nicht nur zur elektrischen Isolation der beiden Seiten von Wafern oder Solarzellen angewendet werden kann, sondern auch zur Durchführung anderer nasschemischer Behandlungen geeignet ist, bei denen eine einseitige Behandlung eines Substrats mit einem flüssigen Medium notwendig oder gewünscht ist, wie z. B. beim
15 Reinigen und Beschichten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur einseitigen Behandlung von Siliziumscheiben in
5 einem Flüssigkeitsbad, dadurch gekennzeichnet, dass die
Behandlung der Unterseite der Siliziumscheiben in dem
Flüssigkeitsbad erfolgt, ohne dass die Oberseite zuvor
geschützt oder maskiert worden ist.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
Siliziumscheiben in einem Durchlaufverfahren kontinuierlich
prozessiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die
15 Siliziumscheiben mit den Unterseiten in das Flüssigkeitsbad
abgesenkt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
20 Siliziumscheiben im Rahmen einer Fertigungsstraße horizontal
durch die im Flüssigkeitsbad befindliche Behandlungs-
flüssigkeit befördert werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als
25 Flüssigkeitsbad ein Becken verwendet wird, dessen umlaufender
Rand niedriger als der Pegelstand der Behandlungsflüssigkeit
ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch
30 gekennzeichnet, dass auch die Kanten der Siliziumscheiben
behandelt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch
gekennzeichnet, dass die Behandlung ein Ätzen darstellt und
in einer flüssigen Zusammensetzung erfolgt, die NaOH, KOH,

HF, HNO₃, HF mit O₃, und/oder HF mit Oxidationsmittel wie z.B. oxidierender Säure enthält.

5 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Oxidationsmittel eine oxidierende Säure ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die flüssige Zusammensetzung mindestens einen Zusatz zur Bindung der beim Ätzen entstehenden Gase enthält.

10 10. Verfahren zur einseitigen Behandlung von Siliziumscheiben, dadurch gekennzeichnet, dass die Scheiben im Rahmen einer Fertigungsstraße horizontal durch eine in einem Flüssigkeitsbad befindliche Behandlungsflüssigkeit befördert werden, wobei die Behandlung der Unterseite der Scheiben erfolgt, ohne dass die Oberseite zuvor geschützt oder maskiert worden ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Siliziumscheiben über die Fertigungsstraße mit den Unterseiten in das Flüssigkeitsbad abgesenkt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Siliziumscheiben über die Fertigungsstraße horizontal durch die im Flüssigkeitsbad befindliche Behandlungsflüssigkeit befördert werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass als Flüssigkeitsbad ein Becken verwendet wird, dessen umlaufender Rand niedriger als der Pegelstand der Behandlungsflüssigkeit ist.

14. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fertigungsstraße eine Vielzahl von Transportrollen umfasst.

WO 2005/093788

PCT/DE2004/000597

21

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die
Transportrollen jeweils auf Achselementen angeordnet sind.
- 5 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass
jedes Achselement gegenüber der Behandlungsflüssigkeit
fluiddicht gekapselt ist.
- 10 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch
gekennzeichnet, dass auch die Kanten der Siliziumscheiben
behandelt werden.

WO 2005/093788

1/1

PCT/DE2004/000597

Fig. 1

